

(19)



(11)

EP 1 915 516 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
09.04.2014 Patentblatt 2014/15

(51) Int Cl.:
F01L 1/02 ^(2006.01) **F01L 1/34** ^(2006.01)
F01L 1/352 ^(2006.01) **F01L 1/46** ^(2006.01)
F02D 41/34 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06775685.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE2006/001183

(22) Anmeldetag: **08.07.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/016889 (15.02.2007 Gazette 2007/07)

(54) **HUBKOLBEN-VERBRENNUNGSMASCHINE UND VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DES VERSCHLEISSES EINES ZWISCHEN KURBEL- UND NOCKENWELLE ANGEORDNETEN ÜBERTRAGUNGSELEMENTS**

RECIPROCATING PISTON INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND METHOD FOR DETERMINING THE WEAR OF A TRANSMISSION ELEMENT ARRANGED BETWEEN A CRANKSHAFT AND A CAMSHAFT

MOTEUR A COMBUSTION INTERNE A PISTONS ALTERNATIFS ET PROCEDE DE DETERMINATION DE L'USURE D'UN ELEMENT DE TRANSMISSION DISPOSE ENTRE LE VILEBREQUIN ET L'ARBRE A CAMES

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **09.08.2005 DE 102005037517**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.04.2008 Patentblatt 2008/18

(73) Patentinhaber: **Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG**
91074 Herzogenaurach (DE)

(72) Erfinder:
• **DELL, Heiko**
71543 Wüstenrot (DE)
• **SCHÄFER, Jens**
91074 Herzogenaurach (DE)
• **PFUND, Thomas**
76547 Leiberstung (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 498 581 WO-A-00/00756
FR-A1- 2 850 755 US-A- 5 689 067
US-A- 5 733 214

EP 1 915 516 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Verschleißwerts für ein zwischen einer Kurbelwelle und einer Nockenwelle einer Hubkolben-Verbrennungsmaschine angeordnetes Übertragungselement, insbesondere eine Steuerkette oder ein Zahnriemen, wobei die Nockenwelle über ein Antriebsteil, wie z.B. ein Nockenwellenzahnrad, von dem Übertragungselement angetrieben wird. Außerdem bezieht sich die Erfindung auf eine Hubkolben-Verbrennungsmaschine mit einer Kurbelwelle, mindestens einer Nockenwelle und wenigstens einem diese miteinander verbindenden Übertragungselement, insbesondere eine Steuerkette oder ein Zahnriemen, wobei das Übertragungselement über ein Antriebsteil, wie z.B. ein Nockenwellenzahnrad, mit der Nockenwelle in Antriebsverbindung steht.

[0002] Eine derartige Hubkolben-Verbrennungsmaschine mit einer Kurbelwelle und zwei Nockenwellen, die Ein- und Auslassventile steuern, ist aus der Praxis bekannt. Auf der Kurbelwelle ist ein drehfest mit dieser verbundenes Kurbelwellenzahnrad angeordnet, das eine Steuerkette antreibt. Jeder Nockenwelle ist jeweils ein Nockenwellenzahnrad zugeordnet, das mit der betreffenden Nockenwelle drehfest verbunden ist und den doppelten Durchmesser des Kurbelwellenzahnrads aufweist. Die Steuerkette steht mit Außenverzahnungen der Nockenwellenzahnräder in Eingriff und überträgt und dadurch die Drehbewegung der Kurbelwelle mit einem Drehzahlverhältnis von 2:1 auf die Nockenwellen. An der Steuerkette treten vor allem bei hohen Drehzahlen relativ große Zugkräfte auf, da die Steuerkette nicht nur die ihr zugeordnete Nockenwelle sondern auch die durch die Nockenwelle betätigten Ventile und Ventilsfedern antreibt. Mit zunehmender Laufleistung der Verbrennungsmaschine kommt es zu einem Verschleiß insbesondere an den einzelnen Lagerstellen der Kettenglieder der Steuerkette. Dadurch nimmt die Länge der Steuerkette zu und die Phasenlage der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle verschiebt sich, was sich ungünstig auf das Betriebsverhalten der Verbrennungsmaschine auswirkt und in einer Zunahme des Kraftstoffverbrauchs und/oder einer Abnahme der Motorleistung resultiert. Der Zustand der Steuerkette wird daher regelmäßig überprüft, um die Steuerkette gegebenenfalls auszutauschen, wenn eine vorgegebene Verschleißgrenze erreicht ist. Das Überprüfen der Steuerkette ist jedoch relativ aufwändig, da Teile eines Steuerkastens der Hubkolben-Verbrennungsmaschine und ggf. weitere Komponenten, wie z.B. ein Luftfilter, eine Lichtmaschine, eine Motorverkleidung oder dergleichen entfernt werden müssen, um Zugang zu der Steuerkette zu bekommen. Der Verschleiß der Steuerkette wird durch Messen des Abstands zwischen dem Zug- und dem Leertrum und/oder durch Bestimmen der Lage eines Spannelements eines verstellbaren Kettenspanners bei stillstehender Verbrennungsmaschine ermittelt. Für eine genaue Überprüfung des Verschleißes an der Steuerkette ist es sogar erforderlich, die Steuerkette auszubauen. Nachteilig ist außerdem, dass die Intervalle, innerhalb der die Steuerkette überprüft werden muss, für ungünstigste Betriebsbedingungen der Verbrennungsmaschine ausgelegt sein müssen, damit auch unter ungünstigsten Betriebsbedingungen das Erreichen der Verschleißgrenze der Steuerkette rechtzeitig erkannt und die Steuerkette ausgetauscht werden kann.

[0003] Die US 5,733,214 zeigt eine Vorrichtung zur automatischen Spannung eines Steuerriemens einer Verbrennungsmaschine. Eine antriebsseitige Detektionseinrichtung misst den Rotationszustand eines Antriebsrades, welches durch den Steuerriemen angetrieben wird. Eine Steuereinheit misst die Phasendifferenz zwischen dem angetriebenen Rad und dem Antriebsrad. Ein Riemenspanner kann sodann schnell und präzise nachgestellt werden.

[0004] Die US 5,689,067 offenbart eine Vorrichtung zur Überwachung des Verschleißes einer Antriebskette. Durch zwei Sensoren werden die Winkelpositionen zweier Kettenzahnrad bestimmt und mit einem vorbestimmten Wert verglichen. Beim Abweichen von einem Zielwert wird ein Signal erzeugt, welches eine nicht akzeptable Längung der Kette anzeigt.

[0005] Es besteht deshalb die Aufgabe, ein Verfahren und eine Hubkolben-Verbrennungsmaschine der eingangs genannten Art zu schaffen, die auf einfache Weise eine Bestimmung eines Verschleißwerts für das Übertragungselement ermöglicht.

[0006] Diese Aufgabe wird bezüglich des Verfahrens der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass an voneinander beabstandeten Zeitpunkten, an denen die Kurbelwelle die Nockenwelle antreibt, jeweils mindestens ein Messwert für die Phasenlage des Antriebsteils relativ zu der Kurbelwelle erfasst wird, und dass aus der Differenz zwischen diesen Messwerten der Verschleißwert ermittelt wird.

[0007] In vorteilhafter Weise ist es dadurch möglich, den Verschleiß des Übertragungselements während des Betriebs der Hubkolben-Verbrennungsmaschine zu überprüfen, so dass eine zeitaufwändige und teure Demontage eines Steuerkastens und/oder anderer Komponenten der Verbrennungsmaschine eingespart werden kann. Das Übertragungselement braucht also nur noch gewartet zu werden, wenn die Verschleißgrenze tatsächlich erreicht ist. Somit reduzieren sich die Wartungskosten und die Verfügbarkeit der Verbrennungsmaschine steigt.

[0008] Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Nockenwelle, über eine Verstelleinrichtung verdrehbar mit dem Antriebsteil verbunden, wobei die Verstelleinrichtung derart eingestellt wird, dass sie beim Erfassen der Messwerte für die Phasenlage in einer vorbestimmten Verstelllage angeordnet ist, wobei für die Drehlage der Kurbelwelle ein Kurbelwellen-Sensorsignal erfasst wird, wobei die Nockenwelle über das Übertragungselement derart durch die Kurbelwelle angetrieben und derart relativ zu dem Antriebsteil verdreht wird, dass die Nockenwelle an mindestens zwei voneinander beabstandeten Zeitpunkten jeweils eine Nockenwellen-Referenzlage durchläuft, wobei das

Durchlaufen der Nockenwellen-Referenzlage jeweils detektiert wird, um der Nockenwellen-Referenzlage anhand des Kurbelwellen-Sensorsignals einen Kurbelwellenwinkelwert zuzuordnen, und wobei mit diesen Kurbelwellenwinkelwerten als Messwerten für die Phasenlage der Verschleißwert ermittelt wird. Mit Hilfe der Verstelleinrichtung können die Öffnungs- und/oder Schließzeiten der Ventile in an sich bekannter Weise an den jeweiligen Betriebszustand der Verbrennungsmaschine angepasst werden, beispielsweise an die Kurbelwellendrehzahl und/oder die Betriebstemperatur. Das zur Steuerung der Verstelleinrichtung benötigte Kurbelwellen-Sensorsignal und ein Messsignal für Nockenwellen-Referenzlage können sowohl zum Regeln der Phasenlage auf einen Sollwert als auch zur Bestimmung des Verschleißwerts des Übertragungselements genutzt werden.

[0009] Bei einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die Nockenwelle über die Verstelleinrichtung verdrehbar mit dem Antriebsteil verbunden, wobei die Verstelleinrichtung derart eingestellt wird, dass sie beim Erfassen der Messwerte für die Phasenlage in einer vorbestimmten Verstelllage angeordnet ist, wobei für die Drehlage der Nockenwelle ein Nockenwellen-Sensorsignal erfasst wird, wobei die Nockenwelle über das Übertragungselement derart durch die Kurbelwelle angetrieben wird, dass diese an mindestens zwei voneinander beabstandeten Zeitpunkten jeweils eine Kurbelwellen-Referenzlage durchläuft, wobei das Durchlaufen der Kurbelwellen-Referenzlage jeweils detektiert wird, um der Kurbelwellen-Referenzlage anhand des Nockenwellen-Sensorsignals einen Nockenwellenwinkelwert zuzuordnen und wobei mit diesen Nockenwellenwinkelwerten als Messwerten für die Phasenlage der Verschleißwert ermittelt wird. Auch bei dieser Ausgestaltung der Erfindung kann der Verschleißwert auf einfache Weise ermittelt werden.

[0010] Vorteilhaft ist, wenn der Verschleißwert mit einem Grenzwert verglichen wird, und wenn beim Überschreiten des Grenzwerts ein Fehlerzustand detektiert wird. Das Erreichen des Grenzwerts kann dann dem Benutzer der Verbrennungsmaschine beispielsweise mittels einer entsprechenden Anzeige mitgeteilt werden.

[0011] Bei einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Drehwinkellage der Nockenwelle in Abhängigkeit von dem Verschleißwert relativ zu dem Übertragungselement derart verstellt, dass der Einfluss des Verschleißes des Übertragungselements auf den Phasenwinkel zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle zumindest teilweise kompensiert wird. Dadurch kann ein geringer Verschleiß des Übertragungselements kompensiert werden, so dass sich die Ventilsteuerzeiten durch den Verschleiß praktisch nicht verändern und die Verbrennungsmaschine über ihre gesamte Laufzeit ihre volle Leistungsfähigkeit beibehält.

[0012] Vorteilhaft ist, wenn mehrere Verschleißwerte für unterschiedliche Betriebszustände der Hubkolben-Verbrennungsmaschine ermittelt und zwischengespeichert werden, insbesondere für unterschiedliche Betriebstemperaturen und/oder Kurbelwellendrehzahlen, und wenn die Drehwinkellage der Nockenwelle relativ zu dem Übertragungselement vorzugsweise in Abhängigkeit von dem dem jeweiligen Betriebszustand der Hubkolben-Verbrennungsmaschine zugeordneten Verschleißwert verstellt wird. Der Verschleiß des Übertragungselements kann dadurch noch genauer kompensiert werden.

[0013] Bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung weist die Verstelleinrichtung ein Verstellgetriebe auf, das als Dreiwelgenretriebe mit einer übertragungselementfesten Antriebswelle, einer nockenwellenfesten Abtriebswelle und einer von einem Elektromotor angetriebenen Verstellwelle ausgebildet ist,

- a) wobei ein erstes Kurbelwellen-Drehwinkelmeßsignal auf einen Drehwinkelmeßsignal-Startwert gesetzt wird,
- b) wobei die Kurbelwelle verdreht und bei einem Auftreten einer Zustandsänderung des ersten Kurbelwellen-Sensorsignals das Drehwinkelmeßsignal nachgeführt wird,
- c) wobei beim Erreichen der Kurbelwellen-Referenzlage in dem Kurbelwellen-Sensorsignal eine Referenzmarke erzeugt wird,
- d) wobei beim Auftreten der Referenzmarke ein zweites Drehwinkelmeßsignal auf einen der Kurbelwellen-Referenzlage zugeordneten Wert gesetzt wird,
- e) wobei das zweite Drehwinkelmeßsignal beim Auftreten einer Zustandsänderung des Kurbelwellen-Sensorsignals nachgeführt wird,
- f) wobei ein Lagemesssignal auf einen Lagemesssignal-Startwert gesetzt wird,
- g) wobei die Verstellwelle verdreht und ein Verstellwellen-Sensorsignal erfasst wird, das bei einer Veränderung der Drehlage der Verstellwelle seinen Zustand ändert,
- h) wobei bei einem Auftreten einer Zustandsänderung des Verstellwellen-Sensorsignals das Lagemesssignal nachgeführt wird;

i) wobei beim Erreichen der Nockenwellen-Referenzlage ein Nockenwellen-Referenzsignal erzeugt wird, und

k) wobei die beim Auftreten des Nockenwellen-Referenzsignals jeweils vorliegenden Messwerte des zweiten Drehwinkelmesssignals und des Lagemesssignals bestimmt und mit diesen Messwerten und einer Getriebekenngröße des Dreiwelgenretriebes die Messwerte für die Phasenlage ermittelt werden.

[0014] Die Messwerte für die Phasenlage werden also indirekt aus den Messwerten des zweiten Drehwinkelmesssignals, dem Lagemesssignal und einer Getriebekenngröße, wie z.B. der Standgetriebeübersetzung des Dreiwelgenretriebes ermittelt. Dadurch kann auf einfache Weise die Phasenlage und somit der Verschleißwert mit großer Präzision ermittelt werden.

[0015] Bezüglich der Hubkolben-Verbrennungsmaschine wird die vorstehend genannte Aufgabe dadurch gelöst, dass die Hubkolben-Verbrennungsmaschine eine Messeinrichtung für die Phasenlage des Antriebsteils relativ zu der Kurbelwelle aufweist, dass die Messeinrichtung mit einem Datenspeicher verbunden ist, der mindestens einen Speicherplatz aufweist, in dem ein Messwert für die Phasenlage abgelegt ist, und dass die Messeinrichtung mit einer Auswerteeinrichtung verbunden ist, die zum Ermitteln eines Verschleißwerts für das Übertragungselement aus mindestens zwei zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfassten Phasenlage-Messwerten ausgebildet ist.

[0016] Vorteilhaft ist, wenn das Antriebsteil zum Verändern der Phasenlage der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle über eine Verstelleinrichtung verdrehbar und in unterschiedlichen Drehlagen drehfest mit der Nockenwelle verbindbar. Dadurch können die Öffnungs- und/oder Schließzeiten der Ventile an den jeweiligen Betriebszustand der Verbrennungsmaschine angepasst werden. Ein zur Steuerung der Verstelleinrichtung benötigter Kurbelwellensensor und ein Sensor zum Detektieren der Nockenwellen-Referenzlage können dabei sowohl zum Regeln der Phasenlage auf einen Sollwert als auch zur Bestimmung des Verschleißwerts des Übertragungselements genutzt werden.

[0017] Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist die Verstelleinrichtung als Dreiwelgenretriebe mit einer übertragungselementfesten Antriebswelle, einer nockenwellenfesten Abtriebswelle und einer von einem Elektromotor angetriebenen Verstellwelle ausgebildet. Die Phasenlage zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle lässt sich dann mit großer Präzision elektrisch einstellen.

[0018] Vorteilhaft ist, wenn die Verstelleinrichtung Begrenzungsanschlätze zum Begrenzen des Verstellwinkels zwischen der Antriebswelle und der Abtriebswelle aufweist. Zum Messen der Phasenlage des Antriebsteils relativ zu der Kurbelwelle kann dann die Verstelleinrichtung gegen die Begrenzungsanschlätze positioniert werden, um das Antriebsteil in einer definierten Drehwinkellage mit der Nockenwelle zu verspannen.

[0019] Nachfolgend ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Verbrennungsmaschine, die eine Verstelleinrichtung zum Verstellen der Drehwinkellage der Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle hat,

Fig. 2 eine Verstelleinrichtung,

Fig. 3 eine Aufsicht auf ein Kurbelwellen- und ein Nockenwellenzahnrad, die über eine Steuerkette miteinander verbunden sind, wobei die Steuerkette neu ist, und

Fig. 4 eine Darstellung ähnlich Fig. 3, wobei die Steuerkette aufgrund von Verschleiß länger ist als in Fig. 3.

[0020] Eine in Fig. 1 schematisch dargestellte Hubkolben-Verbrennungsmaschine 1 weist eine Kurbelwelle 2, eine Nockenwelle 3 und ein Übertragungselement 4 auf, das eine Steuerkette oder ein Zahnriemen sein kann. Auf der Kurbelwelle 2 ist ein Kurbelwellenzahnrad 5 angeordnet, das drehfest mit der Kurbelwelle 2 verbunden ist und mit dem Übertragungselement 4 in Eingriff steht. An der Nockenwelle 3 ist als Antriebsteil 6 ein Nockenwellenzahnrad vorgesehen, das mit der Nockenwelle 3 in Antriebsverbindung steht. Das Übertragungselement 4 ist über das Kurbelwellenzahnrad 5 und das Antriebsteil 6 geführt befindet sich mit diesen in Eingriff. Zum Spannen des Übertragungselements 4 ist eine Spannvorrichtung 7 vorgesehen, die ein Andruckelement, wie z.B. eine Rolle oder eine Gleitschiene aufweist, das gegen die Rückstellkraft einer Feder an der Außenumfangsseite des Übertragungselements 4 angreift.

[0021] Zwischen dem Antriebsteil 6 und der Nockenwelle 3 ist eine in Fig. 2 näher dargestellte Verstelleinrichtung 8 angeordnet, mit der die Drehwinkellage der Nockenwelle 3 relativ zur Kurbelwelle 2 verstellbar ist. Die Verstelleinrichtung 8 ist als Dreiwelgenretriebe mit einer mit dem Antriebsteil 6 drehfest verbundenen Antriebswelle, einer nockenwellenfesten Abtriebswelle und einer Verstellwelle ausgebildet. Das Verstellgetriebe kann ein Umlaufgetriebe sein, vorzugsweise ein Planetengetriebe. Die Verstellwelle ist drehfest mit dem Rotor eines Elektromotors 9 verbunden.

[0022] Das Verstellgetriebe ist in einer Nabe des Antriebsteils 6 integriert: Zum Begrenzen des Verdrehwinkels zwischen der Nockenwelle 3 und der Kurbelwelle 2 weist die Verstelleinrichtung 8 ein fest mit der Antriebswelle verbundenes Anschlagelement 10 und ein Gegenanschlagelement 11 auf, das drehfest mit der Nockenwelle 3 verbundenen ist und

in Gebrauchsstellung in einer Anschlagposition an dem Anschlagelement 10 zur Anlage kommt.

[0023] In Fig. 1 ist erkennbar, dass zur Messung des Kurbelwellendrehwinkels ein Magnetdetektor 12 vorgesehen ist, der die Zahnflanken eines aus einem magnetisch leitenden Werkstoff bestehenden, auf der Kurbelwelle 2 angeordneten Zahnkranzes 13 detektiert. Eine der Zahnflanken oder Zähne des Zahnkranzes 13 weist eine größere Breite auf als die anderen Zahnflanken bzw. Zähne und markiert eine Kurbelwellen-Referenzlage. Beim Erreichen der Kurbelwellen-Referenzlage wird in dem Sensorsignal des Magnetdetektors 12, das nachstehend auch als Kurbelwellen-Sensorsignal bezeichnet wird, eine Referenzmarke erzeugt. Dies wird dadurch erreicht, dass der Kurbelwellen-Zahnkranz 13 an der Kurbelwellen-Referenzlage eine größere Lücke aufweist als zwischen seinen übrigen Zähnen. Sobald die Referenzmarke in dem Kurbelwellen-Sensorsignal detektiert wird, wird ein Drehwinkelmesssignal auf einen der Referenz-Drehwinkel zugeordneten Wert gesetzt. Danach wird das Drehwinkelmesssignal bei jeder Änderung des Zustands des Kurbelwellen-Sensorsignals nachgeführt, indem in einem Betriebsprogramm eines Verstellwinkel-Steuergeräts 14 ein Interrupt ausgelöst wird, bei dem das Drehwinkelmesssignal inkrementiert wird.

[0024] Als Elektromotor 9 ist ein EC-Motor vorgesehen, der einen Läufer aufweist, an dessen Umfang eine Reihe von abwechselnd in zueinander entgegen gesetzte Richtungen magnetisierten Magnetsegmenten angeordnet ist, die über einen Luftspalt mit Zähnen eines Stators magnetisch zusammenwirken. Die Zähne sind mit einer Wicklung bewickelt, die über eine in eine Motorsteuerung 15 integrierte Ansteuereinrichtung 16 bestromt wird.

[0025] Die Lage der Magnetsegmente relativ zum Stator und damit der Verstellwellendrehwinkel wird mit Hilfe einer Messeinrichtung detektiert, die an dem Stator mehrere Magnetfeldsensoren 17 aufweist, die derart in Umfangsrichtung des Stators zueinander versetzt angeordnet sind, dass pro Umdrehung des Rotors eine Anzahl von Magnetsegment-Sensor-Kombinationen durchlaufen wird. Die Magnetfeldsensoren 17 erzeugen ein digitales Sensorsignal, das eine Reihenfolge von Sensorsignal-Zuständen durchläuft, die sich bei einer mechanischen Volldrehung des Rotors so oft wiederholt, wie die Messeinrichtung Magnetfeldsensoren 17 hat. Dieses Sensorsignal wird nachfolgend auch als Verstellwellen-Sensorsignal bezeichnet.

[0026] Beim Starten der Verbrennungsmaschine wird - unabhängig von der Position, in der sich der Rotor bzw. die Verstellwelle gerade befindet - ein Lagemesssignal auf einen Lagemesssignal-Startwert gesetzt. Dann wird die Verstellwelle verdreht, wobei bei jedem Zustandswechsel des Verstellwellen-Sensorsignals in dem Betriebsprogramm des Verstellwinkel-Steuergeräts 14 ein Interrupt ausgelöst wird, bei dem das Lagemesssignal nachgeführt wird.

[0027] Als Referenzsignalgeber für den Nockenwellendrehwinkel ist ein Hall-Sensor 18 vorgesehen, der mit einem auf der Nockenwelle 3 angeordneten Triggerrad 19 zusammenwirkt. Beim Erreichen einer vorgegebenen Drehwinkelstellung der Nockenwelle 3 wird in einem Nockenwellen-Referenzsignal eine Flanke erzeugt. Wenn der Hall-Sensor 18 die Flanke detektiert, wird im Betriebsprogramm des Verstellwinkel-Steuergeräts 14 ein Interrupt ausgelöst, bei dem der Kurbelwellendrehwinkel und der Verstellwellendrehwinkel für die Regelung des Phasenwinkels zur weiteren Verarbeitung zwischengespeichert werden. Dieser Interrupt wird nachstehend auch als Nockenwellen-Interrupt bezeichnet. Schließlich wird in dem Betriebsprogramm des Verstellwinkel-Steuergeräts 14 auch noch ein zeitscheibengesteuerter Interrupt ausgelöst, der nachfolgend als zyklischer Interrupt bezeichnet wird.

[0028] Mit Hilfe des Kurbelwellen-Drehwinkelmesssignals, des Lagemesssignals und einer Getriebekenngröße, nämlich der Übersetzung, die das Verstellgetriebe bei stillstehender Antriebswelle zwischen der Verstellwelle und der Nockenwelle 3 aufweist, wird der aktuelle Phasenwinkel berechnet:

$$\varepsilon_{Actl}(t) = \varepsilon_{Abs} + \frac{1}{-i_g} \cdot \left(2 \cdot [\varphi_{Em,ICyc} - \varphi_{Em,ICam}] - [\varphi_{Cnk,ICyc} - \varphi_{Cnk,ICam}] \right)$$

[0029] Dabei sind

- $\varphi_{Em,ICyc} = \varphi_{Em}(t_{ICyc})$ der Drehwinkel des Rotors des Elektromotors 9 von der letzten erkannten Kurbelwellen-Referenzmarke bis zum aktuellen zyklischen Interrupt,
- $\varphi_{Cnk,ICyc} = \varphi_{Cnk}(t_{ICyc})$ der Drehwinkel der Kurbelwelle 3 von der letzten erkannten Kurbelwellen-Referenzmarke bis zum aktuellen zyklischen Interrupt,
- $\varphi_{Em,ICam}$ der Drehwinkel des Rotors des Elektromotors 9 von der letzten erkannten Kurbelwellen-Referenzmarke bis zum letzten Nockenwellen-Interrupt,
- $\varphi_{Cnk,ICam}$ der Drehwinkel der Kurbelwelle 3 von der letzten erkannten Kurbelwellen-Referenzmarke bis zum letzten Nockenwellen-Interrupt,

- ε_{Abs} der absolute Phasenwinkel, der bei jedem Nockenwellen-Interrupt durch Messung ermittelt wird und gleich dem Kurbelwellendrehwinkel $\varphi_{\text{Cnk,ICyc}}$ zu diesem Zeitpunkt ist.

[0030] Das Phasenwinkelsignal wird also, ausgehend von einem Referenzdrehwinkelwert, bei einer Zustandsänderung des Kurbelwellen-Sensorsignals und/oder des Verstellwellen-Sensorsignals nachgeführt. Das so ermittelte Phasenwinkelsignal wird auf ein Sollphasenwinkelsignal geregelt, das von der Motorsteuerung 15 bereitgestellt wird.

[0031] Zum Bestimmen eines Verschleißwerts, der ein Maß für eine während des Betriebs der Verbrennungsmaschine 1 auftretende verschleißbedingte Längung des Übertragungselements 4 darstellt, wird während die Kurbelwelle 2 die Nockenwelle 3 über das Übertragungselement 4 antreibt, zunächst für unterschiedliche Betriebszustände des Verbrennungsmaschine, wie z.B. unterschiedliche Kurbelwellendrehzahl und/oder unterschiedliche Betriebstemperaturen, jeweils ein erster Messwert für die Phasenlage des Antriebsteils 6 relativ zu der Kurbelwelle 2 erfasst. Dazu wird jeweils zunächst das Antriebsteil 6 in eine vorbestimmte Verstelllage relativ zu der Nockenwelle 3 gebracht, beispielsweise in die bereits erwähnte Anschlagposition oder eine Notlaufposition, die mit Hilfe des Elektromotors 9 angesteuert wird. Wenn diese Verstelllage erreicht ist, was beispielsweise bei der Anschlagposition durch Detektieren einer Änderung der Phasengeschwindigkeit und/oder der Stromaufnahme des Elektromotors 9 überprüft werden kann, wird jeweils - wie vorstehend beschrieben - der absolute Phasenwinkel zwischen der Nockenwelle 3 und der Kurbelwelle 2 gemessen. Die Messwerte für die Phasenwinkel können beispielsweise auf einem Motorenprüfstand ermittelt werden. Sie werden in einem nicht flüchtigen Datenspeicher abgelegt.

[0032] Während der Messung des Phasenwinkels wird die Kurbelwellendrehzahl weitgehend konstant gehalten, um eine Sensordrift, wie sie beispielsweise bei Drehzahlrampen auftreten kann, zu vermeiden. Außerdem wird das Drehmoment der Kurbelwelle 2 während der Messwerterfassung möglichst nicht verändert, damit keine Phasenverschiebungen beim Wechsel zwischen einer Zug- und einer Schubphase auftreten. Störungen in dem Phasenwinkel-Messsignal, die durch Schwingungen des Steuertriebs verursacht sind, können durch Filtern des Messsignals entfernt werden.

[0033] Zu einem späteren Zeitpunkt, bei dem der Betriebszustand der Verbrennungsmaschine 1 etwa dem Betriebszustand zum Zeitpunkt der Messung eines in dem Datenspeicher abgelegten ersten Phasenlage-Messwerts entspricht, wird in entsprechender Weise mindestens ein zweiter Messwert für die Phasenlage ermittelt. Dann wird in dem Verstellwinkel-Steuergerät 14 die Differenz aus dem in dem Datenspeicher abgelegten ersten Messwert und dem zweiten Messwert gebildet, um den Verschleißwert für das Übertragungselement 4 zu ermitteln.

[0034] Der Verschleißwert wird dann mit einem Grenzwert oder einem erlaubten Bereich verglichen. Wenn der Verschleißwert den Grenzwert überschreitet oder außerhalb des erlaubten Bereichs liegt, wird ein Fehlerzustand deklariert und in dem Datenspeicher wird eine entsprechende Fehlermeldung eingetragen. Bei Bedarf kann der Fehlerzustand mit Hilfe einer Anzeigeeinrichtung zur Anzeige gebracht werden, beispielsweise am Armaturenbrett eines Kraftfahrzeugs.

[0035] In Fig. 3 und 4 ist erkennbar, dass sich bei einer Längenzunahme des Übertragungselements eigentlich der Phasenwinkel zwischen der Nockenwelle 3 und der Kurbelwelle 2 verstellen würde. Um dies zu vermeiden, wird innerhalb des Verstellbereichs der Verstelleinrichtung 8 durch entsprechendes Positionieren des Elektromotors 9 die Drehwinkel-lage der Nockenwelle 3 derart in Abhängigkeit von dem Verschleißwert relativ zu dem Übertragungselement 4 verändert, dass der Einfluss des Verschleißes des Übertragungselements 4 auf den Phasenwinkel zwischen Nockenwelle 3 und Kurbelwelle 2 kompensiert wird:

$$\varepsilon(t) = \varphi_{\text{Cnk}}(t) - 2 \cdot \varphi_{\text{Cam}}(t) - \Delta\varphi_{\text{Längung}}$$

[0036] Dabei bedeuten

- $\varepsilon(t)$ der absolute Phasenwinkel,
- t der betrachtete Zeitpunkt,
- $\varphi_{\text{Cnk}}(t)$ der aktuelle Kurbelwellendrehwinkel zum Zeitpunkt t ,
- $\varphi_{\text{Cam}}(t)$ der aktuelle Nockenwellendrehwinkel zum Zeitpunkt t und
- $\Delta\varphi_{\text{Längung}}$ die gemessene Längung des Übertragungselements.

[0037] Erwähnt werden soll noch, dass bei einer wiederholten oder ständigen Messung des Verschleißwerts sogar

ein Ausfall der Spannvorrichtung festgestellt werden kann, wenn eine sprunghafte Veränderung des Verschleißwerts, die über einen bestimmten Wert hinausgeht, detektiert wird. Dabei ist es sogar möglich, eine Notlaufstrategie auszulösen, bei welcher ausgewählte Phasenwinkel eingestellt und gehalten werden. Der Ausfall der Spannvorrichtung kann ferner vom Verstellwinkel-Steuergerät 14 an die Motorsteuerung 15 übermittelt werden, beispielsweise über einen CAN-BUS 20.

Bezugszeichenliste

[0038]

1	Hubkolben-Verbrennungsmaschine
2	Kurbelwelle
3	Nockenwelle
4	Übertragungselement
5	Kurbelwellenzahnrad
6	Antriebsteil
7	Spannvorrichtung
8	Verstelleinrichtung
9	Elektromotor
10	Anschlagelement
11	Gegenanschlagelement
12	Magnetdetektor
13	Zahnkranz
14	Verstellwinkel-Steuergerät
15	Motorsteuerung
16	Ansteuereinrichtung
17	Magnetfeldsensor
18	Hall-Sensor
19	Triggerrad
20	CAN-BUS

Patentansprüche

- Verfahren zur Bestimmung eines Verschleißwerts für ein zwischen einer Kurbelwelle (2) und einer Nockenwelle (3) einer Hubkolben-Verbrennungsmaschine (1) angeordnetes Übertragungselement (4), insbesondere eine Steuerkette oder ein Zahnriemen, wobei die Nockenwelle (3) über ein Antriebsteil (6), wie z.B. ein Nockenwellenzahnrad, von dem Übertragungselement (4) angetrieben wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** an voneinander beabstandeten Zeitpunkten, an denen die Kurbelwelle (2) die Nockenwelle (3) antreibt, jeweils mindestens ein Messwert für die Phasenlage des Antriebsteils (6) relativ zu der Kurbelwelle (2) erfasst wird, und dass aus der Differenz zwischen diesen Messwerten der Verschleißwert ermittelt wird, wobei die Nockenwelle (3) über eine Verstelleinrichtung (8) verdrehbar mit dem Antriebsteil (6) verbunden ist, dass die Verstelleinrichtung (8) derart eingestellt wird, dass sie beim Erfassen der Messwerte für die Phasenlage in einer vorbestimmten Verstelllage angeordnet ist, dass für die Drehlage der Kurbelwelle (2) ein Kurbelwellen-Sensorsignal erfasst wird, dass die Nockenwelle (3) über das Übertragungselement (4) derart durch die Kurbelwelle (2) angetrieben und derart relativ zu dem Antriebsteil (6) verdreht wird, dass die Nockenwelle (3) an mindestens zwei voneinander beabstandeten Zeitpunkten jeweils eine Nockenwellen-Referenzlage durchläuft, dass das Durchlaufen der Nockenwellen-Referenzlage jeweils detektiert wird, um der Nockenwellen-Referenzlage anhand des Kurbelwellen-Sensorsignals einen Kurbelwellenwinkelwert zuzuordnen, und dass mit diesen Kurbelwellenwinkelwerten als Messwerten für die Phasenlage der Verschleißwert ermittelt wird.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nockenwelle (3) über die Verstelleinrichtung (8) verdrehbar mit dem Antriebsteil (6) verbunden ist, dass die Verstelleinrichtung (8) derart eingestellt wird, dass sie beim Erfassen der Messwerte für die Phasenlage in einer vorbestimmten Verstelllage angeordnet ist, dass für die Drehlage der Nockenwelle (3) ein Nockenwellen-Sensorsignal erfasst wird, dass die Nockenwelle (3) über das Übertragungselement (4) derart durch die Kurbelwelle (2) angetrieben wird, dass diese an mindestens zwei voneinander beabstandeten Zeitpunkten jeweils eine Kurbelwellen-Referenzlage durchläuft, dass das Durchlaufen der Kurbelwellen-Referenzlage jeweils detektiert wird, um der Kurbelwellen-Referenzlage anhand des Nockenwellen-

Sensorsignals einen Nockenwellenwinkelwert zuzuordnen, und dass mit diesen Nockenwellenwinkelwerten als Messwerten für die Phasenlage der Verschleißwert ermittelt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verschleißwert mit einem Grenzwert verglichen wird, und dass beim Überschreiten des Grenzwerts ein Fehlerzustand detektiert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehwinkellage der Nockenwelle (3) derart in Abhängigkeit von dem Verschleißwert relativ zu dem Übertragungselement (4) verstellt wird, dass der Einfluss des Verschleißes des Übertragungselements (4) auf den Phasenwinkel zwischen Nockenwelle (3) und Kurbelwelle (2) zumindest teilweise kompensiert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Verschleißwerte für unterschiedliche Betriebszustände der Hubkolben-Verbrennungsmaschine (1) ermittelt und zwischengespeichert werden, insbesondere für unterschiedliche Betriebstemperaturen und/oder Kurbelwelldrehzahlen, und dass die Drehwinkellage der Nockenwelle (3) relativ zu dem Übertragungselement (4) vorzugsweise in Abhängigkeit von dem dem jeweiligen Betriebszustand der Hubkolben-Verbrennungsmaschine (1) zugeordneten Verschleißwert verstellt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstellereinrichtung (8) ein Verstellgetriebe aufweist, das als Dreiwellengetriebe mit einer übertragungselementfesten Antriebswelle, einer nockenwellenfesten Abtriebswelle und einer von einem Elektromotor (9) angetriebenen Verstellwelle ausgebildet ist,

a) dass ein erstes Kurbelwellen-Drehwinkelmeßsignal auf einen Drehwinkelmeßsignal-Startwert gesetzt wird,

b) dass die Kurbelwelle (2) verdreht und bei einem Auftreten einer Zustandsänderung des ersten Kurbelwellen-Sensorsignals das Drehwinkelmeßsignal nachgeführt wird,

c) dass beim Erreichen der Kurbelwellen-Referenzlage in dem Kurbelwellen-Sensorsignal eine Referenzmarke erzeugt wird,

d) dass beim Auftreten der Referenzmarke ein zweites Drehwinkelmeßsignal auf einen der Kurbelwellen-Referenzlage zugeordneten Wert gesetzt wird,

e) dass das zweite Drehwinkelmeßsignal beim Auftreten einer Zustandsänderung des Kurbelwellen-Sensorsignals nachgeführt wird,

f) dass ein Lagemesssignal auf einen Lagemesssignal-Startwert gesetzt wird,

g) dass die Verstellwelle verdreht und ein Verstellwellen-Sensorsignal erfasst wird, das bei einer Veränderung der Drehlage der Verstellwelle seinen Zustand ändert,

h) dass bei einem Auftreten einer Zustandsänderung des Verstellwellen-Sensorsignals das Lagemesssignal nachgeführt wird,

i) dass beim Erreichen der Nockenwellen-Referenzlage ein Nockenwellen-Referenzsignal erzeugt wird, und

k) dass die beim Auftreten des Nockenwellen-Referenzsignals jeweils vorliegenden Messwerte des zweiten Drehwinkelmeßsignals und des Lagemesssignals bestimmt und mit diesen Messwerten und einer Getriebe-kenngröße des Dreiwellengetriebes die Messwerte für die Phasenlage ermittelt werden.

7. Hubkolben-Verbrennungsmaschine (1) mit einer Kurbelwelle (2), mindestens einer Nockenwelle (3) und wenigstens einem diese miteinander verbindenden Übertragungselement (4), insbesondere eine Steuerkette oder ein Zahnriemen, wobei das Übertragungselement (4) über ein Antriebsteil (6), wie z.B. ein Nockenwellenzahnrad, mit der Nockenwelle (3) in Antriebsverbindung steht, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hubkolben-Verbrennungsmaschine (1) eine Messeinrichtung für die Phasenlage des Antriebsteils (6) relativ zu der Kurbelwelle (2) aufweist, dass die Messeinrichtung mit einem Datenspeicher verbunden ist, der mindestens einen Speicherplatz aufweist, in dem ein Messwert für die Phasenlage abgelegt ist, und dass die Messeinrichtung mit einer Auswerteeinrichtung verbunden ist, die zum Ermitteln eines Verschleißwerts für das Übertragungselement aus mindestens zwei zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfassten Phasenlage-Messwerten ausgebildet ist, wobei das Antriebsteil (6) zum Verändern der Phasenlage der Nockenwelle (3) relativ zur Kurbelwelle (2) über eine Verstellereinrichtung (8) verdrehbar und in unterschiedlichen Drehlagen drehfest mit der Nockenwelle (3) verbindbar ist.

8. Hubkolben-Verbrennungsmaschine (1) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstellereinrichtung (8) als Dreiwellengetriebe mit einer übertragungselementfesten Antriebswelle, einer nockenwellenfesten Abtriebswelle und einer von einem Elektromotor (9) angetriebenen Verstellwelle ausgebildet ist.

9. Hubkolben-Verbrennungsmaschine (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die

Verstelleinrichtung (8) Begrenzungsanschlge zum Begrenzen des Verstellwinkels zwischen der Antriebswelle und der Abtriebswelle aufweist.

5 Claims

1. Method for determining a wear value for a transmission element (4), in particular a control chain or a toothed belt, which is arranged between a crankshaft (2) and a camshaft (3) of a reciprocating piston internal combustion engine (1) wherein the camshaft (3) is driven by the transmission element (4) by means of a drive component (6) such as, for example, a camshaft gearwheel, **characterized in that** in each case at least one measured value for the phase position of the drive component (6) relative to the crankshaft (2) is sensed at times which are spaced apart from one another and at which the crankshaft (2) drives the camshaft (3), and **in that** the wear value is determined from the difference between these measured values, wherein the camshaft (3) is rotatably connected to the drive component (6) via an adjustment device (8), **in that** the adjustment device (8) is set in such a way that when the measured values for the phase position are sensed it is arranged in a predetermined adjustment position, **in that** a crankshaft sensor signal is sensed for the rotational position of the crankshaft (2), **in that** via the transmission element (4) the camshaft (3) is driven by the crankshaft (2), and rotated relative to the drive component (6), in such a way that the camshaft (3) passes in each case through a camshaft reference position at at least two times which are spaced apart from one another, **in that** passing through the camshaft reference position is detected in each case in order to assign the crankshaft angle value to the camshaft reference position on the basis of the crankshaft sensor signal, and **in that** the wear value is determined as measured values for the phase position using these crankshaft angle values.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the camshaft (3) is rotatably connected to the drive component (6) via the adjustment device (8), **in that** the adjustment device (8) is set in such a way that when the measured values for the phase position are sensed it is arranged in a predetermined adjustment position, **in that** a camshaft sensor signal is sensed for the rotational position of the camshaft (3), **in that** via the transmission element (4) the camshaft (3) is driven by the crankshaft (2) in such a way that the latter passes in each case through a crankshaft reference position at at least two times which are spaced apart from one another, **in that** the passing through the crankshaft reference position is detected in each case in order to assign the camshaft angle value to the crankshaft reference position on the basis of the camshaft sensor signal, and **in that** the wear value is determined as measured values for the phase position using these camshaft angle values.
3. Method according to one of Claims 1 to 2, **characterized in that** the wear value is compared with a limiting value, and **in that** a fault state is detected when the limiting value is exceeded.
4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the rotational angle position of the camshaft (3) is adjusted relative to the transmission element (4) as a function of the wear value in such a way that the influence of the wear of the transmission element (4) on the phase angle between the camshaft (3) and the crankshaft (2) is at least partially compensated.
5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** a plurality of wear values are determined for different operating states of the reciprocating piston internal combustion engine (1) and buffered, in particular for different operating temperatures and/or crankshaft rotational speeds, and **in that** the rotational angle position of the camshaft (3) relative to the transmission element (4) is preferably adjusted as a function of the wear value which is assigned to the respective operating state of the reciprocating piston internal combustion engine (1).
6. Method according to one of Claims 2 to 5, **characterized in that** the adjustment device (8) has an adjusting gear mechanism which is embodied as a three-shaft gear mechanism with a drive shaft which is fixed to the transmission element, an output shaft which is fixed to the camshaft and an adjustment shaft which is driven by an electric motor (9),
 - a) **in that** a first crankshaft rotational angle measuring signal is set to a rotational angle measuring signal starting value,
 - b) **in that** the crankshaft (2) is rotated and the rotational angle measuring signal is accordingly adjusted when a change in state of the first crankshaft sensor signal occurs,
 - c) **in that** when the crankshaft reference position is reached a reference mark is generated in the crankshaft sensor signal,
 - d) **in that** when the reference mark occurs a second rotational angle measuring signal is set to a value which

is assigned to the crankshaft reference position,

e) **in that** the second rotational angle measuring signal is accordingly adjusted when a change in state of the crankshaft sensor signal occurs,

f) **in that** a position measuring signal is set to a position measuring signal starting value,

g) **in that** the adjustment shaft and an adjustment shaft sensor signal is sensed which changes its state when the rotational position of the adjustment shaft changes,

h) **in that** the position measuring signal is accordingly adjusted when a change in state of the adjusting shaft sensor signal occurs,

i) **in that** when the camshaft reference position is reached a camshaft reference signal is generated, and

k) **in that** the measured values of the second rotational angle measurement signal and of the position measurement signal, which are respectively present when the camshaft reference signal occurs, are determined and the measured values for the phase position are determined with these measured values and a gear mechanism characteristic variable of the three-shaft gear mechanism.

7. Reciprocating piston internal combustion engine (1) having a crankshaft (2), at least one camshaft (3) and at least one transmission element (4), in particular a control chain or a toothed belt, which connects the latter to one another, wherein the transmission element (4) has a drive connection to the camshaft (3) via a drive component (6) such as, for example, a camshaft gear wheel, **characterized in that** the reciprocating piston internal combustion engine (1) has a measuring device for the phase position of the drive component (6) relative to the crankshaft (2), **in that** the measuring device is connected to a data memory which has at least one memory location in which a measured value for the phase position is stored, and **in that** the measuring device is connected to an revaluation device which is designed to determine a wear value for the transmission element from at least two phase angle measured values which are sensed at different times, wherein, in order to change the phase position of the camshaft (3), the drive component (6) can be rotated relative to the crankshaft (2) via an adjustment device (8) and can be connected to the camshaft (3) in a rotationally fixed fashion in different rotational positions.

8. Reciprocating piston internal combustion engine (1) according to Claim 7 or 8, **characterized in that** the adjustment device (8) is embodied as a three-shaft gear mechanism with a drive shaft which is fixed to the transmission element, an output shaft which is fixed to the camshaft and an adjustment shaft which is driven by an electric motor (9).

9. Reciprocating piston internal combustion engine (1) according to one of Claims 7 to 9, **characterized in that** the adjustment device (8) has boundary stops for limiting the adjustment angle between the drive shaft and the output shaft.

Revendications

1. Procédé de détermination de la valeur d'usure d'un élément de transfert (4), notamment d'une chaîne de commande ou d'une courroie crantée, disposé entre le vilebrequin (2) et l'arbre à cames (3) d'un moteur (1) à combustion interne et pistons, dans lequel l'arbre à cames (3) est entraîné par l'élément de transfert (4) par l'intermédiaire d'une pièce d'entraînement (6), par exemple un pignon d'arbre à cames, **caractérisé en ce que** au moins une valeur de mesure du déphasage de la pièce d'entraînement (6) par rapport au vilebrequin (2) est saisie en des instants distincts les uns des autres auxquels le vilebrequin (2) entraîne l'arbre à cames (3), **en ce que** la valeur de l'usure est déterminée à partir de la différence entre ces valeurs de mesure, **en ce que** l'arbre à cames (3) est raccordé à rotation à la pièce d'entraînement (6) par l'intermédiaire d'un dispositif d'ajustement (8), **en ce que** le dispositif d'ajustement (8) est réglé de manière à être placé en une position d'ajustement prédéterminée lors de la saisie des valeurs de mesure du déphasage, **en ce qu'**un signal de capteur de vilebrequin est saisi pour déterminer la position en rotation du vilebrequin (2), **en ce que** l'arbre à cames (3) est entraîné par le vilebrequin (2) par l'intermédiaire de l'élément de transfert (4) et est tourné par rapport à la pièce d'entraînement (6) de telle sorte que l'arbre à cames (3) passe en au moins deux instants distincts l'un de l'autre par une position de référence d'arbre à cames, **en ce que** chaque passage de l'arbre à cames par la position de référence est détecté pour associer la position de référence de l'arbre à cames à une valeur angulaire de vilebrequin à l'aide du signal de capteur de vilebrequin et **en ce que** la valeur d'usure est déterminée à partir de ses valeurs angulaires de vilebrequin qui servent de valeurs de mesure du déphasage.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'arbre à cames (3) est raccordé à rotation à la pièce d'entraînement (6) par l'intermédiaire du dispositif d'ajustement (8),
 5 **en ce que** le dispositif d'ajustement (8) est réglé de telle sorte qu'il soit disposé en une position d'ajustement prédéterminée lors de la saisie des valeurs de mesure du déphasage,
en ce qu'un signal de capteur d'arbre à cames est saisi pour la position en rotation de l'arbre à cames (3),
en ce que l'arbre à cames (3) est entraîné par le vilebrequin (2) par l'intermédiaire de l'élément de transfert (4) de telle sorte que le vilebrequin passe par une position de référence en au moins deux instants distincts l'un de l'autre,
 10 **en ce que** chaque passage du vilebrequin par la position de référence est détecté pour associer une valeur angulaire de l'arbre à cames à la position de référence du vilebrequin à l'aide du signal de capteur d'arbre à cames et
en ce que la valeur d'usure est déterminée à partir de ces valeurs angulaires d'arbre à cames servant de valeurs de mesure du déphasage.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** la valeur d'usure est comparée à une valeur limite et **en ce qu'un** état défectueux est détecté en cas de dépassement de la valeur limite.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la position angulaire en rotation de l'arbre à cames (3) par rapport à l'élément de transfert (4) est ajustée en fonction de la valeur d'usure de telle sorte que l'influence de l'usure de l'élément de transfert (4) soit au moins partiellement compensée par l'angle de déphasage
 20 entre l'arbre à cames (3) et le vilebrequin (2).
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** plusieurs valeurs d'usure sont déterminées pour différents états de fonctionnement du moteur (1) à combustion interne et pistons, en particulier pour différentes températures de fonctionnement et/ou pour différentes vitesses de rotation du vilebrequin, et sont conservées
 25 temporairement et **en ce que** la position angulaire en rotation de l'arbre à cames (3) par rapport à l'élément de transfert (4) est ajustée de préférence en fonction de la valeur d'usure associée à l'état de fonctionnement en cours du moteur (1) à combustion interne et pistons.
6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce que** le dispositif d'ajustement (8) présente une transmission d'ajustement qui est configurée comme transmission à trois arbres présentant un arbre d'entraînement fixe par rapport à l'élément de transfert, un arbre entraîné fixe par rapport à l'arbre à cames et un arbre d'ajustement entraîné par un moteur électrique (9),
 30
- a) **en ce qu'un** premier signal de mesure d'angle de rotation du vilebrequin est fixé à une valeur initiale de signal de mesure d'angle de rotation,
 35 b) **en ce que** le vilebrequin (2) est tourné et le signal de mesure d'angle de rotation est suivi lorsque survient une modification d'état du premier signal de capteur de vilebrequin,
 c) **en ce qu'un** repère de référence est formé dans le signal de capteur de vilebrequin lorsque le vilebrequin atteint une position de référence,
 40 d) **en ce qu'un** deuxième signal de mesure d'angle de rotation est fixé à une valeur associée à la position de référence de vilebrequin lorsque le repère de référence apparaît,
 e) **en ce que** le deuxième signal d'angle de rotation est suivi lorsque survient une modification de l'état du signal de capteur de vilebrequin,
 f) **en ce qu'un** signal de mesure de position est fixé à une valeur initiale du signal de mesure de position,
 45 g) **en ce que** l'arbre d'ajustement est tourné et un signal de capteur d'arbre d'ajustement dont l'état change en cas de modification de la position en rotation de l'arbre d'ajustement est saisi,
 h) **en ce que** le signal de mesure de position est suivi lorsque survient une modification de l'état du signal de capteur d'arbre d'ajustement,
 50 i) **en ce qu'un** signal de référence d'arbre à cames est formé lorsque l'arbre à cames atteint une position de référence et
 k) **en ce que** les valeurs de mesure présentes du deuxième signal de mesure d'angle de rotation et du signal de mesure de position sont déterminées lorsque le signal de référence d'arbre à cames survient et les valeurs de mesure du déphasage étant déterminées à l'aide de ces valeurs de mesure et d'une grandeur caractéristique de la transmission à trois arbres.
7. Moteur (1) à combustion interne et pistons présentant un vilebrequin (2), au moins un arbre à cames (3) et au moins un élément de transfert (4), notamment une chaîne de commande ou une courroie crantée, qui les relie l'un à l'autre, l'élément de transfert (4) étant relié à entraînement à l'arbre à cames (3) par l'intermédiaire d'une pièce d'entraîne-

ment (6), par exemple un pignon d'arbre à cames,

caractérisé en ce que

le moteur (1) à combustion interne et pistons présente un dispositif de mesure du déphasage de la pièce d'entraînement (6) par rapport au vilebrequin (2),

en ce que le dispositif de mesure est raccordé à une mémoire de données qui présente au moins un emplacement de mémoire dans lequel une valeur de mesure du déphasage est conservée,

en ce que le dispositif de mesure est raccordé à un dispositif d'évaluation configuré pour déterminer une valeur de mesure de l'élément de transfert à partir d'au moins deux valeurs de mesure du déphasage saisies à des instants différents et

en ce que la pièce d'entraînement (6) peut être tournée par un dispositif d'ajustement (8) pour modifier le déphasage de l'arbre à cames (3) par rapport au vilebrequin (2) et peut être reliée à rotation solidaire à l'arbre à cames (3) en différentes positions en rotation.

8. Moteur (1) à combustion interne et pistons selon les revendications 7 ou 8, **caractérisé en ce que** le dispositif d'ajustement (8) est configuré comme transmission à trois arbres présentant un arbre d'entraînement solidaire de l'élément de transfert, un arbre entraîné solidaire de l'arbre à cames et un arbre d'ajustement entraîné par un moteur électrique (9).

9. Moteur (1) à combustion interne et pistons selon l'une des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que** le dispositif d'ajustement (8) présente des butées-limites qui limitent l'angle d'ajustement entre l'arbre d'entraînement et l'arbre entraîné.

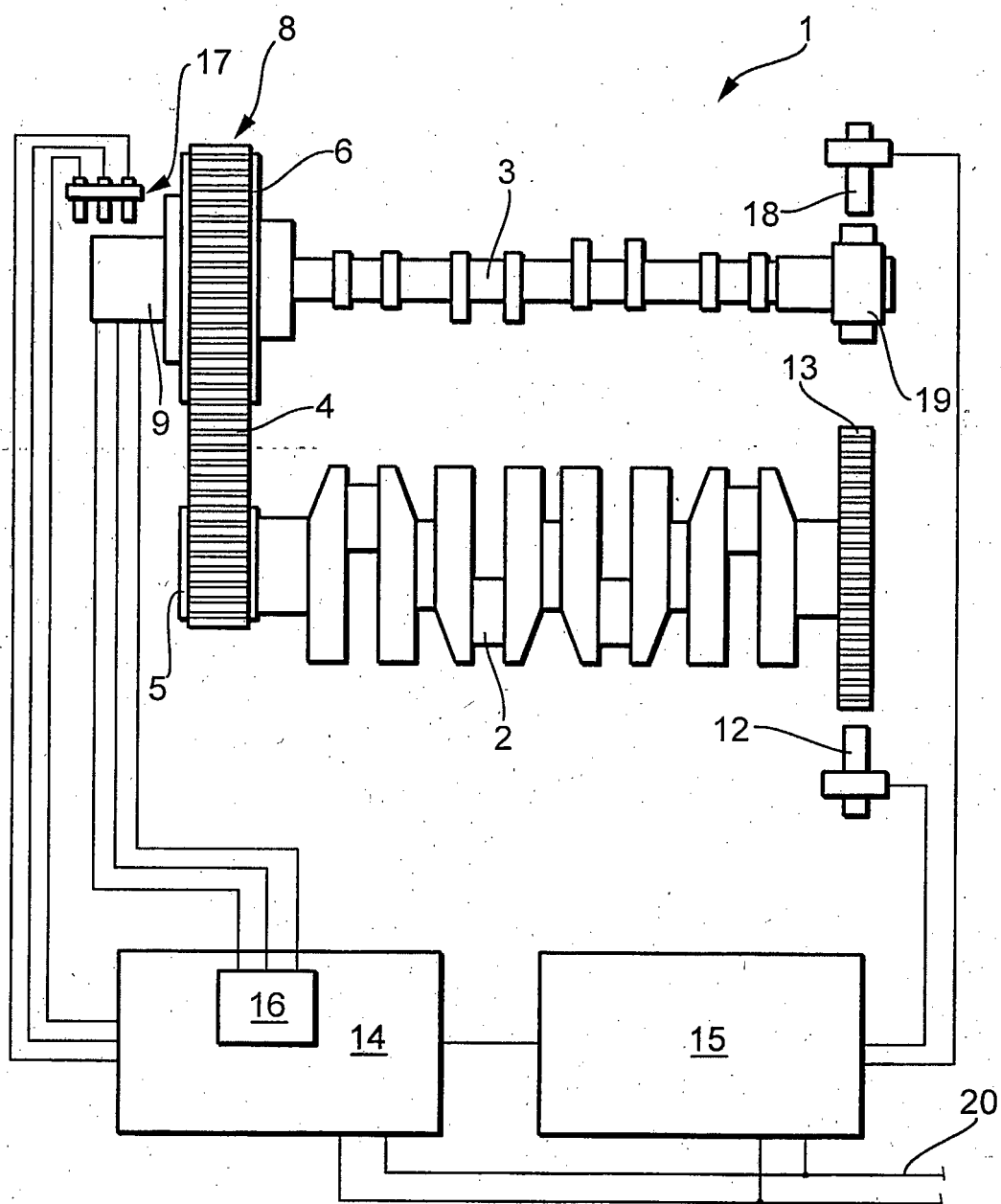


Fig. 1

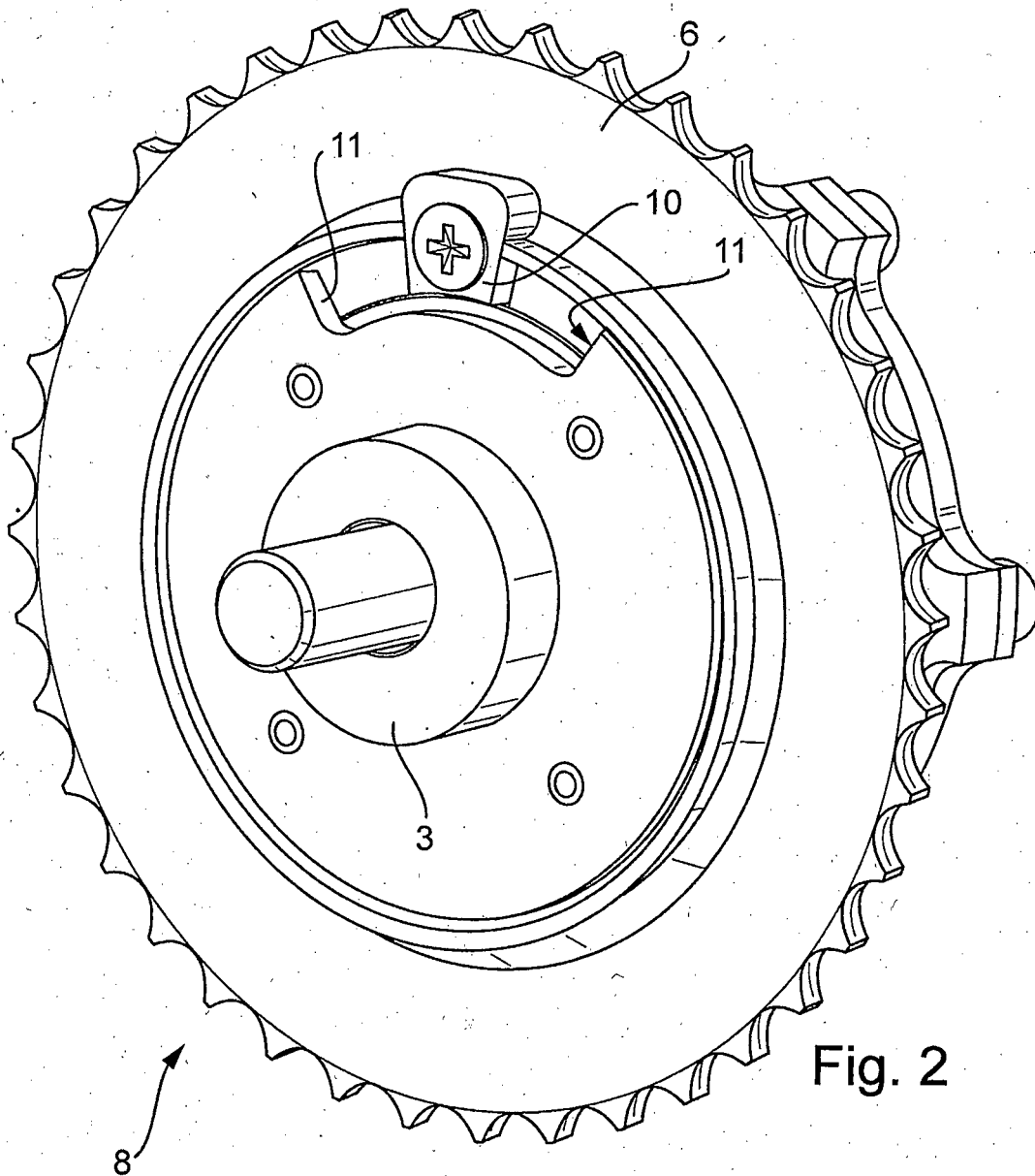
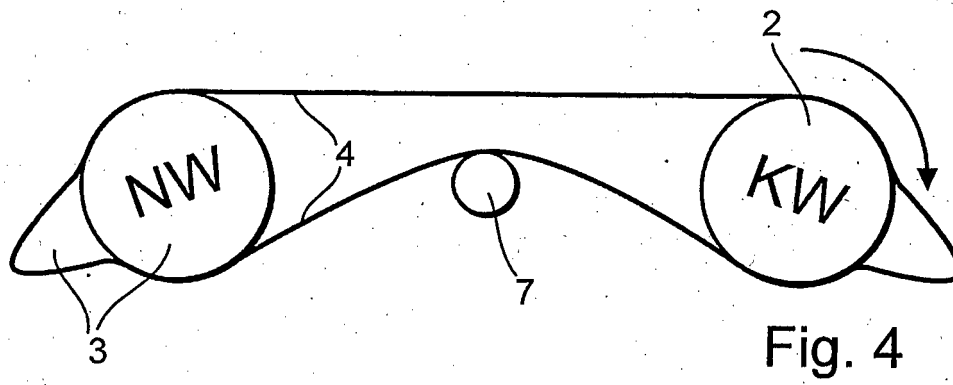
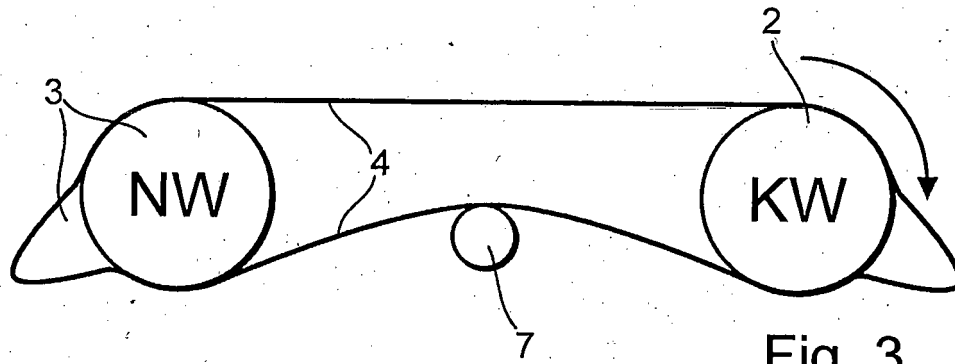


Fig. 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5733214 A [0003]
- US 5689067 A [0004]